

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0123589 (43) 공개일자 2013년11월13일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G06T 13/00 (2011.01) (21) 출원번호 10-2012-0046829 (22) 출원일자 2012년05월03일 심사청구일자 2012년05월03일	(71) 출원인 세종대학교산학협력단 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교) (72) 발명자 박상일 서울특별시 광진구 자양3동 우성1차아파트 104동 703호 (74) 대리인 최관락, 송인호, 민영준	

전체 청구항 수 : 총 13 항

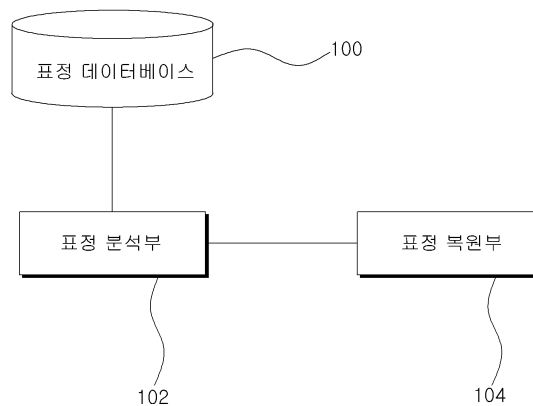
(54) 발명의 명칭 **얼굴 표정 데이터 복원 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 얼굴 표정 데이터 복원 장치 및 방법을 개시한다. 본 발명에 따른 복원 장치는 미리 설정된 표정에 대해 k개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 표정 데이터베이스; 상기 k개 마커들간의 연

관관계를 분석하여 M개의 기본 표정을 결정하는 표정 분석부; n개(상기 n은 $M/3 \leq n < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M개의 기본 표정의 조합으로 상기 k개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 표정 복원부를 포함할 수 있다. 본 발명에 따르면 주성분 분석으로 통해 결정된 소수의 기본 표정의 조합으로 얼굴 표정 데이터를 복원할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1-10-7602-002-10005-00-006
부처명	문화관광부
연구사업명	2010년콘텐츠산업기술지원사업
연구과제명	울프2060제작을 위한 유체/기체, 군중 시뮬레이션 ICE노드 모듈화 및 페이스 캡처 데이터
동기화 기술 개발	
기 여 율	1/1
주관기관	키노모티브(주)
연구기간	2011.04.01 ~ 2012.03.31

특허청구의 범위

청구항 1

얼굴 표정 데이터를 복원하는 장치로서,

미리 설정된 표정에 대해 k개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 표정 데이터베이스;

상기 k개 마커들간의 연관관계를 분석하여 M개의 기본 표정을 결정하는 표정 분석부;

n개(상기 n은 $M/3Dn < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M개의 기본 표정의 조합으로 상기 k개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 표정 복원부를 포함하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 표정 복원부는,

상기 제2 얼굴 표정 데이터의 복원을 위한 상기 M개 기본 표정 각각에 대한 가중치를 결정하고, 상기 가중치를 이용하여 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 k개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 k는 30이상인 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 표정 데이터베이스에는 동작 및 표정 동시 포착 장비에서 포착한 데이터에서 홀 필링 및 노이즈가 제거되어 전처리된 상기 k개 마커 각각의 궤적 데이터가 저장되는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 표정 분석부는 주성분 분석 알고리즘을 이용하여 상기 M개의 기본 표정을 결정하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 표정 분석부는,

상기 제1 얼굴 표정 데이터의 각 프레임에 대해 미리 설정된 기준 프레임 및 상기 k개의 마커 중 미리 설정된 마커를 이용하여 강제 이동 및 회전 정보 제거를 수행하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 전처리된 데이터는 다음과 같은 열벡터로 정의되며,

$$\mathbf{m}^t = [m_1^t \ m_2^t \ \cdots \ m_{171}^t]^T$$

여기서, m_i^t 를 t번째 프레임의 i번째 자유도의 값이고,

상기 표정 분석부는 상기 열벡터로 정의되는 데이터의 평균값을 계산하고, 각 데이터와 상기 평균값과의 차이를 이용하여 공변 행렬을 계산하며, 상기 공변 행렬의 고유 벡터(eigen-vector)를 계산하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 표정 분석부는 상기 고유 벡터의 고유값(eigen-value)이 미리 설정된 값보다 작은 고유 벡터를 제거하여 상기 M개의 기본 표정을 결정하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 얼굴 표정 데이터의 자유도는 $k \times 3$ 이며,

상기 $k \times 3$ 개의 고유 벡터의 고유값의 합과 상위 M개 고유 벡터의 고유값의 합의 비율로 복원 정확도가 결정되는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 n개의 마커는 상기 k개의 마커 중 일부와 대응관계를 갖는 얼굴 표정 데이터 복원 장치.

청구항 11

동작 및 표정 동시 포착 장비에 연결된 장치에서 얼굴 표정 데이터를 복원하는 방법으로서,

미리 설정된 표정에 대해 k개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 단계;

상기 k개 마커들간의 연관관계를 분석하여 M개의 기본 표정을 결정하는 단계;

n개(상기 n은 $M/3 \leq n < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M개의 기본 표정의 조합으로 상기 k개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 단계를 포함하는 얼굴 표정 데이터 복원 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 복원 단계는,

상기 제2 얼굴 표정 데이터의 복원을 위한 상기 M개 기본 표정 각각에 대한 가중치를 결정하는 단계; 및

상기 가중치를 이용하여 n개 마커의 궤적 데이터에서 k개의 마커 궤적 데이터를 생성하는 단계를 포함하는 얼굴 표정 데이터 복원 방법.

청구항 13

동작 및 표정 동시 포착에서 얼굴 표정을 복원을 위해 수행되는 프로그램이 기록된 기록매체로서,

미리 설정된 표정에 대해 k개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 단계; 및

상기 k개 마커들간의 연관관계를 분석하여 M개의 기본 표정을 결정하는 단계를 수행하되,

동작 및 표정 동시 포착 시 n개(상기 n은 $M/3Dn < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M개의 기본 표정의 조합으로 상기 k개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 컴퓨터에 의해 판독 가능한 프로그램이 기록된 기록매체.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 얼굴 표정 데이터 복원 방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 동작 및 표정 동시 포착에서 적은 수의 마커를 통해 얻어진 얼굴 표정 데이터를 상세하게 복원하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [0002] 영화나 게임의 사실성과 몰입성을 높이기 위해서는 사실적인 캐릭터의 동작 및 얼굴 표정의 생성이 필요하다. 최근 광학식 동작 포착 장비가 널리 보급됨에 따라 동작 및 표정을 생성하는데 활용되는 경우가 늘고 있다.
- [0003] 동작의 경우 배우의 몸 주요 관절 부위에 약 40에서 60여 개의 마커를 붙이고 강제 움직임으로 가정하여 몸속 뼈대의 움직임을 추론하는 방법을 사용하고 있다.
- [0004] 반면 얼굴 포착의 경우는 얼굴에 최소 약 30에서 많게는 100 여개 이상의 마커를 부착하고 마커의 위치로부터 미리 정의된 얼굴의 비강체 변형 모델의 파라미터값들을 유추하는 방식을 사용한다.
- [0005] 그러나 몸에 비해 상대적으로 적은 영역인 얼굴에 많은 수의 마커를 부착하여야 하기 때문에 광학식 포착의 문제점인 마커의 가림이나, 마커 간의 혼선이 문제될 수 있다.
- [0006] 이를 해결하기 위해 얼굴 표정 포착의 경우 일반적으로 동작 포착의 경우보다 더 가까운 곳에 포착 카메라들을 위치시키고, 대부분 배우의 전면을 향하도록 하여 포착 해상도를 높이고, 배우에게는 얼굴 외에 다른 신체의 움직임을 최소화하도록 요청하여 정확도를 높이는 방법을 취해왔다.
- [0007] 이와 같이 동작과 얼굴 표정의 포착 장비 세팅이 달라야 하는 현실적인 문제로 인해, 애니메이션 제작 시는 동작과 얼굴 표정을 따로 포착하여 둘의 신호를 합성하는 방식을 사용하였다.
- [0008] 그러나, 서로 다른 데이터를 합성할 때 얼굴 표정과 몸의 움직임이 서로 어울리지 못하는 문제가 있다. 특히 두 개의 포착 데이터 간의 동기가 맞지 않는 경우가 많으며, 이 경우 애니메이터가 일일이 수작업을 통해 시간축을 조절하거나 애니메이션 자체를 보정해야 한다.
- [0009] 이러한 동기화 문제를 해결하기 위해서는 얼굴과 동작을 동시에 포착하는 것이지만 이러한 접근법은 매우 고비용을 요구하는 문제점이 있다.
- [0010] 한국공개특허 제2007-0094757호(발명의 명칭: 얼굴 및 신체 움직임을 포착하는 시스템 및 방법)는 움직임을 포착하는 시스템 및 방법은 복수의 신체점을 정의하는 신체 마커(body marker) 및 복수의 얼굴점을 정의하는 얼굴 마커(facial marker)를 갖는 적어도 하나의 연기자(actor)를 포함하도록 구성되어 있는 움직임 포착 볼륨(motion capture volume)을 포함한다는 점을 개시한다. 움직임 포착 볼륨의 주변에 복수의 움직임 카메라(motion camera)가 배열되어 있고 이들 움직임 카메라는 움직임 포착 볼륨 내에서 움직이고 있는 동안 연기자의 모든 측방 노출 표면이 실질적으로 항상 복수의 움직임 카메라 중 적어도 하나의 시야 내에 있도록 배열되어 있으며, 움직임 포착 프로세서는 연기자의 결합된 신체 및 얼굴 움직임을 반영하는 디지털 모델을 생성하기 위해 복수의 움직임 카메라에 연결되어 있다. 적어도 하나의 마이크가 움직임 포착 볼륨으로부터의 오디오를 픽업하도록 배향될 수 있다.
- [0011] 이와 같은 한국공개특허는 배우의 얼굴 및 움직임을 동시에 포착하기 위한 시스템을 제안하고 있으나, 매우 많은 수의 카메라를 요구하기 때문에 고비용 문제를 여전히 안고 있는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 적은 수의 마커로 얻어진 데이터를 이용하면서도 얼굴 표정 데이터를 높은 품질로 복원할 수 있는 얼굴 표정 데이터 복원 방법 및 장치를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 얼굴 표정 데이터를 복원하는 장치로서, 미리 설정된 표정에 대해 k 개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 표정 데이터베이스; 상기 k 개 마커들간의 연관관계를 분석하여 M 개의 기본 표정을 결정하는 표정 분석부; n 개(상기 n 은 $M/3Dn < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M 개의 기본 표정의 조합으로 상기 k 개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 표정 복원부를 포함하는 얼굴 표정 데이터 복원 장치가 제공된다.

[0014] 상기 표정 복원부는, 상기 제2 얼굴 표정 데이터의 복원을 위한 상기 M 개 기본 표정 각각에 대한 가중치를 결정하고, 상기 가중치를 이용하여 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 k 개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원할 수 있다.

[0015] 상기 k 는 30이상일 수 있다.

[0016] 상기 표정 데이터베이스에는 동작 및 표정 동시 포착 장비에서 포착한 데이터에서 홀 필터링 및 노이즈가 제거되어 전처리된 상기 k 개 마커 각각의 궤적 데이터가 저장될 수 있다. .

[0017] 상기 표정 분석부는 주성분 분석 알고리즘을 이용하여 상기 M 개의 기본 표정을 결정할 수 있다.

[0018] 상기 표정 분석부는, 상기 제1 얼굴 표정 데이터의 각 프레임에 대해 미리 설정된 기준 프레임 및 상기 k 개의 마커 중 미리 설정된 마커를 이용하여 강제 이동 및 회전 정보 제거를 수행할 수 있다.

[0019] 상기 전처리된 데이터는 다음과 같은 열벡터로 정의되며,

$$\mathbf{m}^t = [m_1^t \ m_2^t \ \cdots \ m_{171}^t]^T$$

[0020]

[0021] 여기서, m_i^t 를 t 번째 프레임의 i 번째 자유도의 값이고,

[0022] 상기 표정 분석부는 상기 열벡터로 정의되는 데이터의 평균값을 계산하고, 각 데이터와 상기 평균값과의 차이를 이용하여 공변 행렬을 계산하며, 상기 공변 행렬의 고유 벡터(eigen-vector)를 계산할 수 있다.

[0023] 상기 표정 분석부는 상기 고유 벡터의 고유값(eigen-value)이 미리 설정된 값보다 작은 고유 벡터를 제거하여 상기 M 개의 기본 표정을 결정할 수 있다.

[0024] 상기 제1 얼굴 표정 데이터의 자유도는 $k \times 3$ 이며, 상기 $k \times 3$ 개의 고유 벡터의 고유값의 합과 상위 M 개 고유 벡터의 고유값의 합의 비율로 복원 정확도가 결정될 수 있다.

[0025] 상기 n 개의 마커는 상기 k 개의 마커 중 일부와 대응관계를 가질 수 있다.

[0026] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 동작 및 표정 동시 포착 장비에 연결된 장치에서 얼굴 표정 데이터를 복원하는 방법으로서, 미리 설정된 표정에 대해 k 개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 단계;

상기 k 개 마커들간의 연관관계를 분석하여 M 개의 기본 표정을 결정하는 단계; n 개(상기 n 은 $M/3Dn < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M 개의 기본 표정의 조합으로 상기 k 개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 단계를 포함하는 얼굴 표정 데이터 복원 방법이 제공된다.

[0027] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 동작 및 표정 동시 포착에서 얼굴 표정을 복원을 위해 수행되는 프로그램이 기록된 기록매체로서, 미리 설정된 표정에 대해 k 개의 마커를 이용하여 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터를 저장하는 단계; 및 상기 k 개 마커들간의 연관관계를 분석하여 M 개의 기본 표정을 결정하는 단계를 수행하되, 동작 및

표정 동시 포착 시 n 개(상기 n 은 $M/3Dn < k$ 인 자연수)의 마커를 이용하여 획득된 제2 얼굴 표정 데이터를 상기 M 개의 기본 표정의 조합으로 상기 k 개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원하는 컴퓨터에 의해 판독 가능한 프로그램이 기록된 기록매체.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따르면, 많은 수의 마커를 통해 얻어진 표정 데이터베이스 및 마커의 연관관계 분석을 통해 적은 수의 마커를 통해 얻어진 얼굴 표정 데이터를 정확히 복원할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 얼굴 표정 데이터 복원 장치를 도시한 도면.
 도 2는 본 실시예에 따른 표정 데이터베이스 구축을 위한 포착 환경을 도시한 도면.
 도 3은 본 실시예에 따른 표정 데이터베이스 구축을 위한 미리 정의된 표정의 일예를 도시한 도면.
 도 4는 본 실시예에 따른 후처리 후 얻어진 마커의 궤적 데이터를 도시한 도면.
 도 5는 본 실시예에 따른 동작 및 표정 동시 포착을 통해 얻어진 마커를 도시한 도면.
 도 6은 본 실시예에 따른 간소화된 마커와 이를 통해 복원한 다수의 마커 데이터를 도시한 도면.
 도 7은 본 실시예에 따른 실제 동작 포착 시의 배우의 모습과 이를 복원하여 생성한 애니메이션을 도시한 도면.
 도 8은 본 실시예에 따른 큰 동작이 포함된 장면에서의 표정 포착 및 복원을 도시한 도면.
 도 9는 본 실시예에 따른 얼굴 표정 데이터 복원 과정의 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0031] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면 번호에 상관없이 동일한 수단에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 한다.

[0032] 본 발명에서는 많은 수의 마커를 이용하여 표현된 상세한 얼굴 표정에 대한 데이터베이스를 구축하고, 실제 제작 시(동작 및 표정 동시 포착 시) 적은 수의 마커로 표현된 얼굴 표정 데이터를 상세 얼굴 표정 데이터로 복원하는 방법을 제안한다.

[0033] 본 발명은 동작과 얼굴의 동시 포착을 하드웨어가 아닌 소프트웨어적으로 접근하는 것으로서, 얼굴 포착을 위한 마커의 가림이나 혼선이 생기지 않도록 최소한의 마커를 얼굴을 부착하여 포착된 데이터로부터 얼굴 전체의 세밀한 움직임을 복원하는 방식이다.

[0034] 이는 얼굴의 표정을 생성하는 안면 근육들의 움직임이 서로 독립적이 아니라, 서로 어느 정도의 연관관계를 가지고 있으며, 이들의 연관관계를 유추함으로써 비교적 낮은 자유도로도 자세한 표정 변화를 만들 수 있는 점에 기반하고 있다.

[0035] 하기에서는 본 실시예에 따른 얼굴 복원 과정이 동작 및 표정을 동시에 포착하는 장비에 연결되는 장치에서 수행되는 것으로 설명할 것이나, 이에 한정됨이 없이 본 실시예에 따른 얼굴 복원 과정은 포착 장비에 설치되는 어플리케이션을 통해 수행될 수 있다.

[0036] 또한, 얼굴 복원 장치가 포착 장비에 연결된다는 것은 얼굴 복원 장치가 포착 장비에 내장되는 것도 포함한다.

- [0037] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 얼굴 표정 데이터 복원 장치를 도시한 도면이다.
- [0038] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 복원 장치는 표정 데이터베이스(100), 표정 분석부(102) 및 표정 복원부(104)를 포함할 수 있다.
- [0039] 표정 데이터베이스(100)는 k개의 마커를 이용하여 포착된 얼굴 표정 데이터를 저장한다.
- [0040] 바람직하게, 본 실시예에 따른 표정 데이터베이스(100)에는 미리 설정된 표정에 대해 k개(여기서, k는 30 이상의 자연수) 마커를 통해 얻어진 제1 얼굴 표정 데이터가 저장된다.
- [0041] 여기서, 제1 얼굴 표정 데이터는 미리 설정된 표정 각각에 대한 k개 마커의 궤적 데이터이다.
- [0042] 여기서, 미리 설정된 표정은 기쁨, 슬픔, 놀람, 화남, 고통 등의 표정뿐만 아니라, 말을 할 때의 얼굴 변화, 즉 소정 발음에 대한 얼굴 변화를 포함하며, 정확하고 상세한 표정 데이터베이스(100)를 구축하기 위해 몸의 움직임을 최대한 억제한 상태에서 얼굴을 포착한다.
- [0043] 광학식 마커를 사용하여 포착한 데이터는 일반적인 경우 가림이나 마커끼리의 혼동 및 노이즈로 인해 불완전한 형태의 데이터이며, 이에 따라 표정 데이터베이스(100)에는 빈곳 메우기(hole-filling) 및 노이즈 제거 등의 후처리를 통해 완전한 데이터로 변환된다.
- [0044] 이를 위해, 본 발명자가 제안한 지역 좌표 기반 후처리법(박상일, "광학식 동작 포착 장비를 이용한 노이즈에 강건한 얼굴 애니메이션 제작," 한국게임저널, "vol. 10, no. 5, pp. 103-114, 2012)을 적용하였다.
- [0045] 하나의 마커에 대한 좌표는 3축(x,y,z)으로 정의되므로 k개의 마커로부터 포착된 데이터베이스의 매 프레임당 자유도는 $k \times 3$ 이며, 이때 전역 이동과 회전에 대한 자유도를 상쇄시키더라도 상당한 많은 수의 자유도를 가지고 있다.
- [0046] 본 실시예에 따른 표정 분석부(102)는 얼굴 표정 데이터의 상호연관 분석을 통해 자유도를 낮춘다.
- [0047] 즉 표정 분석부(102)는 k개 마커들간의 연관관계 분석을 통해 M개의 기본 표정을 결정한다.
- [0048] 여기서, M은 연관관계 분석을 통해 결정된 자유도로 정의될 수 있다.
- [0049] M개 기본 표정은 추후에 k개보다 적은 수의 마커를 통해 얻어지는 얼굴 표정 데이터는 k개의 마커에 상응하는 수준으로 복원하는데 기본 데이터로 사용된다.
- [0050] 본 실시예에서는 표정 분석부(102)는 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA) 방법을 통해 99% 복원 정확도를 가지도록 자유도를 낮춘다.
- [0051] 표정 복원부(104)는 k보다 작은 수의 마커(n개)를 이용하여 얻어진 얼굴 표정 데이터를 k개의 마커에 상응하는 얼굴 표정 데이터로 복원한다.
- [0052] 여기서, n 은 $M/3Dn < k$ 범위를 가질 수 있다.
- [0053] 본 실시예에 따르면, 상기한 M개의 기본 표정의 조합만으로 적은 수의 마커를 통해 얻어진 얼굴 표정 데이터를 많은 수의 마커를 이용한 것과 동일한 상태로 얼굴 표정을 복원할 수 있다는 점을 확인하였다.
- [0054] n개의 마커는 k개의 마커 중 일부와 대응관계를 가지며, 표정 복원부(104)는 n개의 마커를 통해 얼굴 표정 데이터가 획득되는 경우, 상기한 대응관계를 이용하여 n개의 마커를 통해 획득된 얼굴 표정 데이터를 복원하기 위한 가중치를 결정한다.
- [0055] 여기서, 가중치는 M개의 기본 표정 각각에 대한 가중치이며, 표정 복원부(104)는 M개의 기본 표정의 데이터에 결정된 가중치를 적용하여 얼굴 표정 데이터를 복원한다.
- [0056] 하기에서는 실제 실험 과정을 통해 57개의 마커를 이용하여 표정 데이터베이스를 구축하고 이들의 연관관계 분석을 통해 12개의 기본 표정(주성분)을 결정하며, 이를 통해 13개의 마커를 통해 얻어진 얼굴 표정 데이터를 복원하는 과정을 상세하게 설명한다.

[0057] (1) 표정 데이터베이스 구축

[0058] 배우에게 도 2에 도시된 바와 같이, 57개이 마커를 얼굴에 촘촘히 붙이고, 12개의 광학식 포착 카메라를 모두 얼굴을 향하게 세팅한 뒤, 몸의 움직임을 억제한 가운데 기본적인 표정 및 발음, 미리 주어진 시나리오에 따른 표정 연기를 수행하여 데이터베이스를 구축하였다. 구축된 표정 데이터베이스(100)는 120Hz의 포착 속도로 총 3500여 프레임으로 구성되었다.

[0059] 57개의 마커로부터 포착된 표정 데이터베이스(100)의 매 프레임당 자유도는 $57 \times 3 = 171$ 에 해당되며, 이때 전역 이동과 회전에 대한 자유도를 상쇄시키더라도 총 165개의 자유도를 가지고 있다.

[0060] 이러한 자유도는 데이터의 상호연관 분석을 통해 낮출 수 있으며, 본 실시예에서는 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA) 방법을 통해 99% 복원 정확도를 가지도록 자유도를 낮추었다.

[0061] 실제 애니메이션을 만들기 위한 포착 과정은 몸 동작과 동시에 표정을 포착하기 위해 일반적인 몸 동작 포착시의 포착 세팅을 활용하였다. 즉 카메라를 멀리 두어 최대한 포착 가능 영역을 넓게 확보하였으며, 이에 따른 낮은 포착 해상도의 문제를 해결하기 위해 몸과 얼굴에 부착하는 마커의 수는 낮추었다. 도 2b는 동작과 표정의 동시 포착 시 사용한 마커를 보여주며, 표정 포착을 위해 얼굴 및 머리 부분에 총 13개의 마커를 부착하였다.

[0062] 얼굴의 표정 데이터베이스(100)를 구축하기 위해 배우의 얼굴에 57개의 마커를 촘촘히 붙이고, 미리 정의된 표정 및 발음을 수행하도록 하였다. 광학식 포착 장비를 이용하여 포착된 데이터는 마커의 궤적 데이터이다. 마커 궤적 데이터로부터 최종적인 얼굴 애니메이션을 만들기 위해서는 마커의 데이터를 표정의 변화와 연결시키는 리깅(rigging) 작업을 수행해야 한다. 리깅은 사람이나 동물 등의 사물에 뼈대를 설치하고 애니메이션하기 편하게 컨트롤러나 기타 속성들을 적용하는 작업이다.

[0063] 리깅 작업은 소프트웨어 이미지의 페이스북과 같은 상용 프로그램을 활용함으로써 수행할 수 있다.

[0064] 얼굴에 붙여진 마커의 위치가 동일하다면, 서로 다른 포착 세션에서 얻은 데이터라 하더라도 동일한 리깅을 계속 적용할 수 있어, 새로운 애니메이션 데이터를 만드는 작업은 새로운 마커의 궤적 데이터를 생성하는 것으로 대체될 수 있다.

[0065] 따라서, 본 실시예에서 얼굴 애니메이션 데이터 복원은 57개 마커의 궤적을 복원하는 작업을 의미한다.

[0066] 실험을 통해 포착된 데이터는 기본적인 모음 발음인 '아', '이', '우', '에', '오' 및 '기쁨', '슬픔', '놀람', '화남', '고통'의 표정 연기를 포함한다. 이외에도 턱을 돌리거나, 눈을 치켜뜨는 등의 안면 근육을 최대한 활용하는 다양한 표정을 짓도록 하여 표정 데이터베이스를 구축하였다.

[0067] 구축된 표정 데이터베이스는 120Hz의 포착 속도로 총 3500여 프레임으로 구성되었으며 이는 약 30여초에 해당하는 길이이다. 도 3은 표정 데이터베이스 구축을 위해 수행한 표정 동작의 예시를 도시한 것이다.

[0068] 광학식 마커를 사용하여 포착한 데이터는 일반적인 경우 가림이나 마커끼리의 혼동 및 노이즈로 인해 불완전한 형태의 데이터이며, 빈곳 메우기(hole-filling) 및 노이즈 제거 등의 후처리를 통해 완전한 데이터로 변환하였다.

[0069] 도 4는 후처리 후 얻은 마커의 궤적 데이터의 예를 도시한 것이다.

[0070] (2) 표정 분석

[0071] 구축된 표정 데이터베이스는 각 프레임 당 57개 마커의 위치 정보를 담고 있으므로 총 자유도는 $57 \times 3 = 171$ 이 된다.

[0072] 그러나 얼굴 표정의 경우 포착된 하나의 마커가 독자적으로 움직이는 경우는 거의 없으며, 대부분 주변에 위치한 다른 마커들과 같이 비슷한 방향으로 움직인다. 즉, 마커들간의 연관관계가 있는 것이다.

[0073] 따라서, 연관관계 분석에 따라 데이터에 내재된 자유도를 유추할 수 있으며, 이를 통해 필요 자유도를 많이 낮출 수 있다. 이처럼 연관관계를 유추해 자유도를 낮출 경우 다음과 같은 이점을 가질 수 있다.

[0074] 첫째, 하나의 자유도의 값으로부터 연관된 다른 자유도의 값을 유추할 수 있다.

[0075] 둘째, 낮은 자유도 표현을 활용하면 데이터에 있는 연관관계를 벗어난 특이 데이터, 즉 노이즈를 쉽게 제거할 수 있다.

[0076] 본 발명에서는 마커 간의 연관관계를 찾는 가장 간단하며 효과적인 방법인 데이터간 선형 유사성에 기반을 둔 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA) 방법을 활용한다. 주성분분석 방법은 데이터 간 선형적인 연관관계를 만들어주며, 이로부터 얻어진 주성분들의 조합으로부터 원래의 데이터를 복원할 수 있게 해준다.

[0077] 주성분분석을 수행하기 위해 먼저 포착한 얼굴 데이터의 각 프레임을 앞을 바라보며 중립 표정을 짓고 있는 기준 프레임의 모양에 최대한 맞춰지도록 강제 이동과 회전 정보를 제거하였다.

[0078] 이를 위해 이마, 콧등과 같은 얼굴의 강체 움직임을 잘 표현할 수 있는 5개의 마커를 선택하고 이를 기준 마커로 삼아 모든 프레임의 데이터를 정렬하였다.

[0079] 데이터 정렬에는 다음의 논문에 개시된 방법이 활용되었다.

[0080] B. Horn, "Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions," Journal of the Optical Society of America, vol. A, no. 4, pp. 629-642, 1987.

[0081] 얼굴 전체의 강체 이동과 회전이 제거된 t번째 프레임에서의 표정 마커의 데이터를

$$\mathbf{m}^t = [m_1^t \ m_2^t \ \cdots \ m_{171}^t]^T$$

와 같은 열벡터(column vector)로 표기하고,

m_i^t 를 t번째 프레임의 i번째 자유도의 값이라고 할 때, 주성분분석은 다음과 같은 과정을 통해 이루어진다.

[0082] 먼저 주어진 데이터에 대한 평균값을 구한 후, 각 데이터들과 평균값과의 차이로부터 공변 행렬(covariant matrix)을 계산하고, 이 행렬의 고유 벡터(eigen-vector)를 구하면, 각각의 고유값(eigen-vector)을 가지는 주성분들을 구할 수 있다.

[0083] 얼굴 표정의 평균 데이터를 $\bar{\mathbf{m}}$ 라고 하면, $\bar{m}_i = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N (m_i^t)$ 의 수식을 통해 구할 수 있으며(여기서, N은 프레임의 총 수), t번째 프레임에서의 데이터와 평균과의 차이를 의미하는 벡터를

$\hat{\mathbf{m}}^t$ ($\hat{m}_i^t = m_i^t - \bar{m}_i^t$)라고 하면, 다음과 같이 고유 벡터의 선형합을 통해 이를 표현할 수 있다.

수학식 1

$$\hat{\mathbf{m}}^t = [\mathbf{e}_1 \ \mathbf{e}_2 \ \cdots \ \mathbf{e}_{171}] \mathbf{q}^t.$$

[0084]

[0085] 여기서, $\mathbf{e}_j$ 는 고유 벡터들을 고유값이 큰 순서대로 정렬했을 때 j번째 고유 벡터를 의미하며,

$\mathbf{q}^t \in \mathbb{R}^{171}$ 는 각각의 고유 벡터에 입력 벡터의 내적을 통해 투영한 값을 모아 놓은 벡터로, $q_j^t = \hat{\mathbf{m}}^t \cdot \mathbf{e}_j^T$ 를 의미한다.

[0086] 고유값이 아주 작은 고유 벡터의 경우 원래의 데이터를 구성하는데 있어 기여도가 작아, q_j 의 값은 무시할 수 있

을 만큼 작아진다.

[0087] 따라서, 171개의 모든 고유 벡터를 사용하지 않고, 고유값을 기준으로 171개보다 적은 상위 M 개의 고유 벡터만을 사용해도 원래의 데이터와 유사하게 복원할 수 있으며, 이 과정은 다음의 식처럼 표현할 수 있다.

수학식 2

$$\hat{\mathbf{m}}^t \approx [\mathbf{e}_1 \mathbf{e}_2 \cdots \mathbf{e}_M] \mathbf{c}^t.$$

[0088]

[0089] 또는

수학식 3

$$\hat{\mathbf{m}}^t \approx \mathbf{F} \mathbf{c}^t.$$

[0090]

[0091] 위 식에서 $\mathbf{F} = [\mathbf{e}_1 \mathbf{e}_2 \cdots \mathbf{e}_M] \in \mathbb{R}^{171 \times M}$ 는 M 차원의 낮춰진 자유도를 갖는 컨트롤 벡터 $\mathbf{c}^t \in \mathbb{R}^M$ 를 원래의 차원인 171차원으로 되돌리는 복원 행렬로서의 역할을 하게 된다.

[0092] 즉, 본 발명자는 상기한 주성분 분석을 통해 M 개의 주성분, 즉 M 개의 기본 표정의 조합으로 적은 수의 마커를 통해 얻어진 얼굴 표정 데이터를 복원할 수 있다는 점을 확인하였다. 이러한 주성분 분석을 통해 57개보다 적은 $M/3$ 개의 마커만을 이용하더라도 얼굴 데이터를 57개 마커를 이용한 경우의 수준으로 복원할 수 있다.

[0093] 데이터 복원 시 적은 개수의 주성분만을 사용하기 때문에 원래의 데이터 값에 비해 오차가 발생할 수 있으며, 이러한 복원의 정확도는 사용된 주성분의 고유값으로부터 유추될 수 있다.

[0094] M 개의 주성분을 사용했을 때의 정확도는 다음과 같은 수식으로 주어진다.

수학식 4

$$accuracy = \frac{\sum_{j=1}^M e_j}{\sum_{j=1}^{171} e_j}.$$

[0095]

[0096] 수학식 4에서 e_j 는 j 번째 주성분의 고유값이다.

[0097] 표 1에서는 본 실험에서 사용한 데이터베이스에 대해 복원 정확도와 자유도의 관계를 보여준다. 최종적으로 본 실험에서는 99%의 정확도를 가지도록 자유도 M 을 12로 결정하였다.

표 1

[0098]

정확도(%)	90	95	97	99	99.5
필요 자유도	4	5	7	12	19

[0099] 동작 포착시에는 큰 몸 동작에 대한 포착 영역을 확보하기 위해 카메라는 최대한 멀리 위치시키며, 이 경우 포착 해상도가 낮아지므로 얼굴에 붙이는 마커의 수는 최소한으로 줄여야 한다. 본 실험에서는 얼굴에 총 13개의 마커만을 부착하였다.

[0100] 몸의 경우는 일반 동작 포착과 동일한 세팅을 사용하였으므로 뼈대의 애니메이션은 일반적인 방법을 통해 얻을 수 있다.

- [0101] 반면 얼굴 표정 데이터는 13개 마커의 궤적 데이터가 포착의 결과로 얻어진다(도 5 참조).
- [0102] 따라서 이로부터 57개 마커의 궤적을 유추 및 복원해내면 기존의 리깅 정보를 활용하여 표정 애니메이션을 만들 수 있다.
- [0103] 얼굴 표정 데이터베이스의 주성분 분석을 통해 12개의 자유도만으로도 99%의 정확도로 복원이 가능하므로 13개의 마커를 통해 얻어지는 $13 \times 3 = 39$ 의 자유도는 데이터 복원에 충분한 정보로 쓰일 수 있다.
- [0104] 본 실험에서는 데이터베이스에서 구한 M개의 주성분의 선형합으로 간소화된 13개 마커로 표현한 얼굴 표정을 근사하는 방법을 통해 다른 마커들의 위치를 복원한다.
- [0105] 이를 위해 먼저 데이터베이스의 57개의 마커셋과 동작 포착의 13개의 마커셋 간의 대응관계를 설정한다.
- [0106] 본 발명에서 대응관계의 직접적인 설정을 위해 57개 마커셋의 일부분으로 13개의 마커셋을 구성하는 것으로 가정한다.
- [0107] 이 경우 13개의 간소화된 마커셋의 각 인덱스 i 는 데이터베이스의 마커셋에서 하나의 마커 인덱스 j 와 대응관계가 존재하며 이러한 대응관계를 $g(i)=j$ 라는 사상함수(mapping function)로 표현한다.
- [0108] 프레임 t 에서 간소화된 마커셋으로 표현된 얼굴 표정 데이터를 데이터베이스의 기준 프레임에 맞추어 강체 이동과 회전을 제거한 것을 열벡터 $\mathbf{r}^t = [r_1^t \ r_2^t \ \dots \ r_{39}^t]^T$ 로 표시하면, 이를 근사하는 M개의 주성분의 선형합에서의 가중치 벡터 $\mathbf{c}^t$ 는 다음과 같은 최적화를 통해 구할 수 있다.

수학식 5

$$\underset{\mathbf{c}^t}{\operatorname{argmin}} \|\mathbf{r}^t - \mathbf{G} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{c}^t\|^2.$$

- [0109]
- [0110] 여기서 대응관계를 만들어주는 행렬 $\mathbf{G}$ 는 $g(i)=j$ 인 대응관계가 있을 경우 $g_{ij}=1$ 이며, 나머지 원소는 0인 행렬로 정의된다. 위와 같은 최적화 문제는 전형적인 최소제곱법(least-square) 문제이며, 특히 M이 39보다 적으므로 손쉽게 구해진다. $\mathbf{c}^t$ 가 구해지면 수학식 3을 적용하여 59개의 마커의 위치를 복원할 수 있다.
- [0111] 도 6에 도시된 바와 같이, 상기한 방법을 통해 13개의 마커를 통해 얻은 얼굴 표정 데이터를 57개 마커에 대한 데이터를 복원할 수 있었다.
- [0112] 도 7은 복원한 얼굴 표정 데이터를 이용하여 생성한 애니메이션으로서 애니메이션 결과를 통해 적은 수의 마커를 이용하더라도 섬세한 표정이 잘 나타나고 있음을 알고 있다.
- [0113] 도 8에서는 걷거나 일어나기 등의 몸의 동작이 큰 연기에서의 표정 포착 및 복원의 예를 도시한 것이다.
- [0114] 종래의 방법으로서 이와 같이 넓은 공간에서의 표정 포착이 어려웠으나, 본 실시예에 따른 방법을 통해 정확한 표정의 포착이 가능함을 확인할 수 있다.
- [0115] 도 9는 본 실시예에 따른 동작 및 표정 동시 포착 처리 과정을 도시한 도면이다.
- [0116] 도 9를 참조하면, 우선 k개의 마커를 이용하여 상세한 얼굴 표정에 대한 표정 데이터베이스를 구축한다(단계 900).
- [0117] 여기서, k는 최소 30이상일 수 있으며, 포착된 데이터의 노이즈 제거 및 홀 필링 과정이 수행된 데이터가 표정 데이터베이스에 저장된다.
- [0118] 다음으로 표정 데이터 분석을 통해 마커들간의 연관관계를 탐색하고, 이를 통해 M개의 기본 표정을 결정한다(단

계 902).

[0119] 여기서, M은 자유도로도 정의될 수 있으며, M개의 기본 표정 데이터는 k보다 적은 수의 마커를 이용하여 얻어진 얼굴 표정을 k개의 마커를 이용하는 경우의 수준으로 복원하는데 사용된다.

[0120] 동작 및 표정의 동시 포착이 이루어지는 경우, 표정 복원 과정이 수행된다(단계 904).

[0121] 동작 및 표정 동시 포착 시, 배우의 얼굴에는 최소 $M/3$ 보다 크거나 같으며 k 보다는 적은 n 개의 마커가 부착되며, n 개의 마커를 통해 얻어진 얼굴 표정 데이터를 상기한 M 개의 기본 표정의 조합으로 복원한다.

[0122] 단계 904에서 M개의 기본 표정 각각에 대한 가중치가 계산된다.

[0123] 이후 동작 및 표정에 대한 최종 애니메이션이 생성된다(단계 906).

[0124] 본 발명에 대해 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

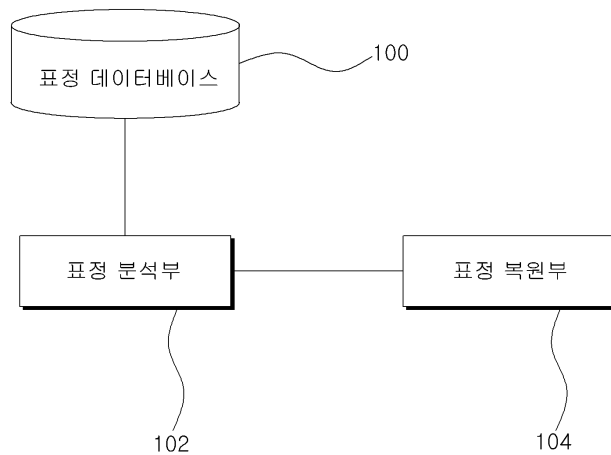
부호의 설명

[0125] 100: 표정 데이터베이스 102: 표정 분석부

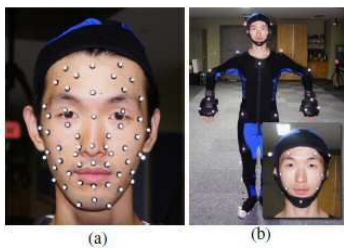
104: 표정 복원부

도면

도면1



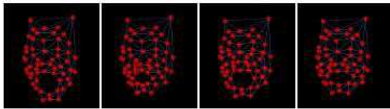
도면2



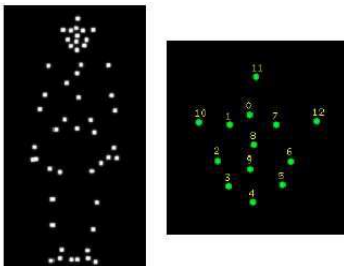
도면3



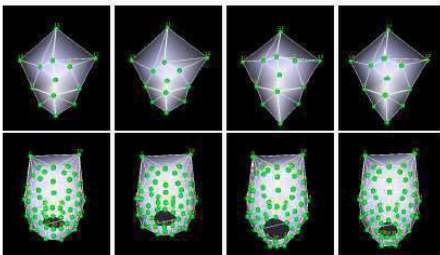
도면4



도면5



도면6



도면7



도면8



도면9

